

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Racionalizace technologie výroby ramen vagónových dveří

Rationalization of Wagon Door Arms Production Technology

Student:

Marek Pavlica

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jaromír Adamec, Ph.D.

Ostrava 2009

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....

podpis studenta

## Prohlašuji že

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se úplně vztahuje zákon č.121/2000 Sb.- autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola banská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední- knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/ 1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách) ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě.....

.....

Marek Pavlica

JAR. Konečného 366

742 45 Fulnek

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

PAVLICA, Marek. Racionalizace technologie výroby ramen vagónových dveří. Ostrava: katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB- Technická univerzita Ostrava, 2009, 47s. Bakalářská práce, vedoucí Adamec, Jaromír.

Bakalářská práce se zabývá racionalizací technologie obrábění. V úvodu je proveden stávající rozbor technologie výroby a volba představitele, pro kterého byla navržena nová technologie výroby. Na základě možnosti firmy byly pro novou technologii výroby zvoleny vhodné stroje a nástroje. Při obrábění otvorů bylo použito CNC stroje pro který byl navržen průběh obrábění součástí a na základě toho vytvořen CNC řídicí program.

Na základě ekonomických hodnotících ukazatelů používaných firmou Pars Komponenty s.r.o., byla navržena technologie porovnána se stávající technologií výroby.

## ANNOTATION OF THESIS

PAVLICA, Marek. Rationalization of Wagon Door Arms Production Technology. Ostrava: Department of Working and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB- Technical University of Ostrava, 2009, 47 p. Thesis, head: Adamec, Jaromír.

The following thesis deal with rationalization of cutting technology. The introduction is analysis status quo technology of manufacturing and option representative, for which purpose a new technology of cutting. On the basis chances of company for a new technology of manufacturing was select useful machine and cutting tools. For the machine holes was used CNC machine and it was necessary to make new program for the CNC machine.

On the basis economic evaluative readings used company Pars Komponenty s. r. o., was propose technology compare status quo technology of manufacturing.

## Obsah

<b>Seznam použitého značení .....</b>	<b>6</b>
<b>1 Úvod.....</b>	<b>7</b>
<b>2 Rozbor stávající technologie.....</b>	<b>8</b>
2.1 Volba představitele výroby .....	9
2.2 Materiál součásti .....	10
2.3 Výrobní stroj .....	11
2.4 Nástroje .....	12
2.5 Technologický postup Ramene dveří.....	15
<b>3 Návrh nové technologie výroby součástí .....</b>	<b>16</b>
3.1 Volba nového stroje .....	17
3.2 Řídicí systém HEIDENHAIN iTNC 530 .....	18
3.3 Volba nástroje .....	21
Doporučené řezné podmínky .....	28
3.4 Program obrábění pro iTNC 530 HEIDENHAIN .....	28
<b>4 Stanovení řezných podmínek .....</b>	<b>30</b>
<b>5 Technicko – ekonomické porovnání stávající a navržené technologie obrábění.....</b>	<b>33</b>
5.1 Stanovení jednicové normy spotřeby času pro operace č. 5 a 15.....	33
5.2 Stanovení normy spotřeby dávkového času pro operace č. 5 a 15.....	34
5.3 Stanovení normy spotřeby času výroby pro operace č. 5 a 15 ( $t_{VO5}$ , $t_{VO5}$ ).....	35
5.4 Stanovení normy spotřeby času výrobní dávky pro operace č. 5 a 15( $t_{VD5}$ , $t_{VD15}$ ) ...	36
5.5 Stanovení normy spotřeby času roční výroby pro operace č. 5 a 15 ( $t_{RV5}$ , $t_{RV15}$ ) ....	38
5.6 Hodinové sazby výroby .....	39
5.7 Náklady na výrobu pro operace č. 5 a 15 ( $N_{T5}$ , $N_{T15}$ ) .....	40
5.8 Náklady na výrobní dávku pro operace č. 5 a 15 ( $N_{VD15}$ , $N_{VD15}$ ).....	42
5.9 Náklady na roční výrobu pro operace č. 5 a 15 ( $N_{RV5}$ , $N_{RV15}$ ).....	43

<b>6</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>45</b>
	<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>46</b>
	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>47</b>

## Seznam použitého značení

$A_5$	tažnost	[%]
$a_p$	hloubka řezu	[mm]
$a_{pmax}$	maximální hloubka řezu	[mm]
C	uhlík	[%]
CNC	Computerized Numerical Control - počítačový řídicí systém	
E	modul pružnosti	[GPa]
$f_n$	posuv na otáčku	[mm]
$f_z$	posuv na zub	[mm]
HB	tvrdost materiálů podle Brinella	
HRC	tvrdost podle Rockwella	
KV	nárazová práce	[J]
n	otáčky	[min <sup>-1</sup> ]
N	dusík	[%]
NC	Numerical control - číslicový řídicí systém	
NSČ	norma spotřeby času	
P	fosfor	[%]
PNV	podnikový normativ výkonu	
PT	porovnání technologií	
PVD	Physical Vapor Deposition	
$R_e$	mez kluzu	[MPa]
$R_m$	mez pevnosti	[MPa]
S	síra	[MPa]
SK	slinutý karbid	[%]
TiN	nitrid titanu	
VBD	vyměnitelná břitová destička	
$v_c$	řezná rychlost	[m·min <sup>-1</sup> ]
VHC	vertikálně-horizontální centrum	
$\gamma_f$	radiální úhel čela	[°]
$\gamma_P$	axiální úhel čela	[°]
$\kappa_r$	úhel nastavení	[°]

# 1 Úvod

Při navrhování nových technologií výroby a racionalizaci těchto technologií je hlavním cílem dosažení co nejnižších výrobních nákladů a maximálního snížení těchto nákladů.

Toho je možno dosáhnout maximálním využitím nových výrobních prostředků a moderních způsobů organizace a řízení, to vše s přihlédnutím na možnosti podniku.

Jako zásadní krok pro racionalizaci a navrhování nových technologií považuji nasazení číslicově řízených strojů. Ve výrobě přináší nejen zvýšení produktivity a kultury práce, ale i zvýšení opakované přesnosti a také možnost obrábění tvarově složitých a v mnohých případech konvenčními technologiemi nevyrobitelných součástí.

Problematika NC strojů se vyvíjela od roku 1940, kdy byla především použita ve zbrojním a později kosmickém průmyslu. NC stroje se během svého vývoje značně změnily, at v oblasti řízení (NC systémy), tak v oblasti konstrukce samotného stroje i v oblasti programování NC strojů.

Použití číslicově řízeného systému u moderního stroje vede k zefektivnění výrobní činnosti a vyšší produktivitě výroby. Ve výrobním procesu hraje také důležitou roli lidský faktor. Ovlivňuje konečnou kvalitu výrobku, rozměrovou přesnost a opakovatelnou přesnost výroby. Přenecháním veškeré obsluhy stroje, řídicímu systému dosahujeme vyšší kvality u většího počtu kusů. Současný trend zavádění nových počítačových technologií do řídicích systémů je stále větší.

Racionalizace obrábění, je nekončící proces vedoucí k hledání a nacházení nových technologických postupů na strojích s větší podporou počítačů.



## 2 Rozbor stávající technologie

Společnost Pars Komponenty s.r.o. vznikla v roce 1998. V roce 1999 odkoupila know – how na výrobu vagónových komponentů z ČKD Vagónky Studénka, a.s. (Moravskoslezské-vagónky a.s.), která se výrobou a vývojem již od svého založení v roce 1900. Komponenty jako jsou dveře, okna, zavazadlové police a zdvižné plošiny pro železniční vozy lze spatřit ve všech nově vyrobených i rekonstruovaných železničních vozech pro osobní dopravu, které opustily brány ČKD Vagónka Studénka a.s. [5]

Pars Komponenty, s.r.o. navazuje na tradici vývoje a výroby komponentů železničních vozů pro osobní dopravu ve Studénce. V roce 2000 zahájila vývoj a rozšíření komponentů pro vozy metra, autobusy, lokomotivy a zemní stroje. V roce 2001 se přidal vývoj komponentů pro tramvaje. Od roku 2002 až 2005 byla rozšířena výrobní plocha, nákup nových technologií (komaxit, chemická úprava hliníku, lakovací centrum, 3D měřicí zařízení, CNC obráběcí centra, nový 3D software). Za zmínku také stojí vývoj nových komponentů do ztížených klimatických podmínek (-40°C). [5]

Společnost od svého založení až po současnost prošla dynamickým vývojem a stala se významným výrobcem a dodavatelem komponentů pro tuzemské a zahraniční firmy, zabývající se výrobou, rekonstrukcí a opravami hromadných dopravních prostředků. Komponenty společnost dodává v mnoha různých typech a speciálních variantách, dle přání zákazníka. [5]

## 2.1 Volba představitele výroby

Volba představitele pro tuto bakalářskou práci byla zvolena z výrobního programu Pars Komponenty, s.r.o. Jako představitel výroby jsem si vybral pravé rameno dveří (Obr. 2.1-1), které je součástí vagónových vstupních dveří. Vstupní vagónové dveře se skládají ze dvou křídel, pravé a levé. Každé křídlo je připevněno na ramenu dveří, které se pohybuje na vodící tyči pomocí elektromotorů.

Zhotovení a obrobení funkčních částí ramena dveří je provedeno podle stávajícího technologického postupu firmy. Racionalizace stávající technologie výroby součásti bude především u obrábění otvorů desky svařence (viz. Příloha č.2). Tato operace je uvedena v technologickém postupu pod číslem 5. Na těchto otvorech drží celé křídlo dveří, proto je zapotřebí dodržet požadovanou přesnost. Do těchto otvorů se taky vkládají excentrické vložky pro možnost seřízení. Dále se zaměřím na vyvrtávání otvoru trubky svařence (viz. Příloha č.3), která je uvedena v technologickém postupu jako operace č. 15. Otvor je pro vodící tyč, proto se musí dodržet požadovaná přesnost a souosost otvoru. [5]

V příloze je uveden výkres sestavy ramen dveří (viz. Příloha č.1).



**Obr. 2.1-1 Rameno dveří**

## 2.2 Materiál součásti

Rameno dveří je vyrobeno z materiálů 11 373. Tato nelegovaná ocel obvyklých jakostí je vhodná ke svařování pro ocelové konstrukce a strojů menších tlouštěk. Mohou být namáhány staticky i mírně dynamicky. Materiál 11 373 je zařazen do skupiny obrobitelnosti pro frézování 14b. [9]

Označení materiálů dle světových norem:

ČESKÁ REPUBLIKA	11 373	ČSN 41 1373
EURO	S235JRG1	EN 10025 - 94
ISO	Fe360 B	ISO 630 - 80
USA	Gr.C	ASTM A283 – 78
RUSKO	St3kp	GOST 380 – 88

### Mechanické vlastnosti oceli ČSN 41 1373

Tab. 2.2-1 Mechanické vlastnosti oceli [9]

Mez pevnosti $R_m$	340 – 470 MPa
Mez kluzu $R_e$	225 MPa
Tažnost A5	26 %
Nárazová práce KV	27 J
Modul pružnosti E	206 GPa

### Chemické složení oceli ČSN 41 1373

Tab. 2.2-2 Chemické složení oceli [9]

Chemické prvky	Hodnota [%]
C	0.17
N	0.007
P	0.045
S	0.045

## 2.3 Výrobní stroj

### Vodorovná vyvrtávačka W9

Při výrobě byla použita ručně řízená vodorovná vyvrtávačka W9 (Obr.2.3-1) s pevným stojanem a křížově přestavitelným stolem. Má 4 lineární osy + otočný stůl. Stroj je určen pro kusovou a malosériovou strojírenskou výrobu. Je vhodný pro hrubovací i dokončovací operace. Volitelně lze vybavit např. chlazením nástroje, lunetou, vodící nebo svěrací přírubou a frézovacím přístrojem.[5]



Obr. 2.3-1 Vodorovná vyvrtávačka W9 [5]

### Technické parametry stroje W9

Tab. 2.3-1 Technické parametry stroje, pokračování na další straně [5]

Průměr pracovního vřetene	90	mm
Upínací kužel	5	Morse
Otáčky vřetena - nesnímatelná lícní deska - 21 stupňů	14 – 1400	min <sup>-1</sup>
Otáčky vřetena - snímatelná lícní deska - 18 stupňů	28 – 1400	min <sup>-1</sup>
Výkon hlavního motoru	7,5	kW
Otáčky hlavního motoru	1455	min <sup>-1</sup>

X...příčný pojezd stolu	1000 – 1250	mm
Z...podélný pojezd stolu	800 – 1400	mm
Y...svislý pojezd vřeteníku	900 – 1120	mm
W...výsun vřetena	710	mm
Upínací plocha stolu	1000 x 1120	mm x mm
Nosnost stolu	3000	kg
Šířka upínacích drážek	23H8	mm
Průměr / hloubka středícího otvoru	180H6/10	mm
Pracovní minutový posuv...X, Y, Z, W, U - 18 stupňů	12,5 – 600	mm
Pracovní posuvy na otáčku...X, Y, Z, W, U - 18 stupňů	0,016 – 0,8	mm
Závitové posuvy na otáčku...X, Y, Z, W, U - metrické - 18 stupňů	0,25 – 12	mm
Závitové posuvy...X, Y, Z, W, U - palcové - 24 stupňů	120 – 2	chodů / 1"
Rychloposuv...X, Y, Z, W, U	2400	mm·min <sup>-1</sup>
Mikroposuv...X, Y, Z, W, U - jen z panelu	5	mm·min <sup>-1</sup>
Rychloposuv otáčení stolu	2,6	ot·min <sup>-1</sup>
Instalovaný příkon	11	kWA
Hmotnost stroje	9000 – 11000	kg
Zástavbový prostor – orientační	5500 x 7500	mm x mm

## 2.4 Nástroje

U stávající technologie byly použity nástroje vyrobené z rychlořezné oceli s označením ČSN 19 802.4. Je to rychlořezná wolframová ocel se zvýšeným obsahem vanadu s dobrou odolností proti opotřebení a houževnatostí. Tvrdost se pohybuje kolem 64 HRC. Tato rychlořezná ocel se používá především pro hrubování kovů o střední pevnosti (do 900MPa), např. vrtáky, výhrubníky, výstružníky, frézy, závitníky, ale taky pro soustružnické a hoblovací nože. Nástroje, které byly použity, bych rozdělil na obrábění otvorů desky svařence (viz. Příloha č. 2) a na vyvrtávání trubky svařence (viz. Příloha č.3). [9]

## Obrábění otvoru desky

Při obrábění otvorů desky byly použity tyto nástroje:

Osazený vrták Ø 16 H11 a Ø 34 H11 (Obr.2.4-1)



**Obr. 2.4-1 Osazený vrták**

Čelní válcové frézy Ø 26 H11 a Ø 38,5 H11 (Obr.2.4-2 a Obr.2.4-3)



**Obr. 2.4-2 Čelní fréza Ø26H11**



**Obr. 2.4-3 Čelní fréza Ø38,5H11**

## Vyvrtávání trubky svařence

Při vyvrtávání trubky svařence byly použity tyto nástroje:

Vyvrtávací tyč (Obr.2.4-4)

Výhrubník a výstružník na  $\varnothing 52$  H7 (Obr.2.4-5)



Obr.2.4-4 Vyvrtávací tyč



Obr.2.4-5 Výhrubník a výstružník

Pro vytvoření zápichu, jak v otvorech desky, tak i v trubce svařence, byla použita vyvrtávací hlava Vhu 80 (Obr.2.4-6).



Obr. 2.4-6 Vyvrtávací hlava Vhu 80 [5]

## 2.5 Technologický postup Ramene dveří

Stávající technologický postup firmy Pars Komponenty s.r.o. Tento formulář byl upraven pro potřeby této práce. Celý technologický postup příkládám do příloh (viz.Příloha č.5).

Popis operace	Pracoviště	TP [min]	TJ [min]
<b>Svářečka-MAG</b> Do desky ustavit díl 5 – náboj (3ks), stehovat (vizuální kontrola), před a po svaření očistit	203	15,0	6,0
<b>Ruční práce</b> Po svaření vyrovnat	901	5,0	4,5
<b>Ruční práce</b> Přebrousit svary	901	5,0	6,5
<b>Vodorovná vyvrtávačka</b> Vrtat – 3 otvor. pr. 16H11 v poz.5 <ul style="list-style-type: none"> <li>• otvor 16H11 dle řezu C-C</li> <li>• otvor 26H11 dle řezu B-B</li> <li>• v pozici 5 vrtat 3x otvor. pr. 34H11</li> <li>• dle řezu B-B pr. 38,5H11 a zápich pr. 40H11</li> <li>• vytočit pr. 38,5H11 a zápich pr. 40H11 dle řezu C-C</li> </ul>	351	30,0	67,5
<b>Svářečka – MAG</b> Sestavit díl 3 – deska a díl 9 – rameno, stehovat (vizuální kontrola), po svaření vyrovnat, před a po vaření očistit	203	20,0	20,0
<b>Ruční práce</b> Přebrousit případné převýšení svaru	901	4,0	2,5
<b>Ruční práce</b> Po svaření vyrovnat	901	5,0	4,5
<b>Vodorovná vyvrtávačka</b> Vytočit rádius R35, ojehlit	351	17,0	28,5
<b>Vodorovná vyvrtávačka</b> Zarovnat čelo – poz. 9 - rameno a poz.3 – deska (kota 300)	351	17,0	5,5
<b>Svářečka – MAG</b> Ustavit sestavu z op. 5 s dílem 1 – trubka, stehovat(vizuální kontrola), ustavit díl 6, stehovat, před a po svaření očistit	203	20,0	25,5
<b>Ruční práce</b> Po svaření vyrovnat	901	5,0	7,0
<b>Vodorovná vyvrtávačka</b> Vytočit – čelo na kotu 17+/-0,2 <ul style="list-style-type: none"> <li>• otvor pr 52H7 na kotu 132+/-0,15</li> <li>• zápich na pr 53</li> <li>• otvory pr 12H8 a 8H8 v pozici 6</li> </ul>	351	20,0	57,0
<b>Vodorovná vyvrtávačka</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zápich z druhé strany na pr 53</li> <li>• zarovnat čelo na dl. 240</li> <li>• oplošit pro pr 8, vrtat otvor pr 8H8</li> <li>• frézovat oplošení 82 na kotu 32-0,1</li> <li>• frézovat oplošení z vnitřní strany v délce 160</li> </ul>	351	20,0	50,0
<b>Vodorovná vyvrtávačka</b> Dle řezu A – A vrtat otvor. pro M4	351	20,0	9,0



### 3 Návrh nové technologie výroby součástí

Při návrhu nové technologie ramene vagónových dveří se zaměřím na obrábění otvorů desky svařence (viz. Příloha č.2), která je uvedena v technologickém postupu jako operace č 5. Jedná se o díry různých průměrů. U stávající výroby jsou otvory obráběny na vodorovné vyvrtávačce W9, ale u nové technologie bude použit CNC stroj s novými nástroji.

Dále se zaměřím na vyvrtávání trubky již hotového svařence (viz. Příloha č.1), která je uvedena v technologickém postupu jako operace č.15. U stávající technologie byla rovněž použita vodorovná vyvrtávačka W9. První problém u této operace je, jak dobře upnout svařenec abychom docílili pevného a tuhého upnutí, kterým zamezíme chvění svařence a možnost jeho vychýlení, při kterém by došlo ke změně přesnosti. Druhým problémem je dodržení dané souososti mezi základovou deskou a vyvrtávanou trubicí. Při navaření nábojů (viz. Příloha č. 4) na desku, se ztenčená plocha desky pod vlivem tepelně ovlivněné oblasti lehce prohne a musí se tedy ručně vyrovnat.

U nové technologie použiji vertikální obráběcí centrum AXA VHC 3-M a budu se zabývat volbou nových nástrojů a jejich řezných podmínek.

### 3.1 Volba nového stroje

Při návrhu nové technologie výroby použiji obráběcí centrum AXA VHC 3-M (Obr.3.1-1), které má firma Pars komponenty s.r.o. k dispozici.

#### AXA VHC 3-M

Axa Entwicklungs - und Maschinenbau GmbH vyvíjí, konstruuje a vyrábí obráběcí centra od roku 1965. Hlavní továrna Axa GmbH má sídlo v Německu.

VHC (vertikálně - horizontální centrum), pohyblivé centrum s vřetenem, které se otáčí kolem své osy Y. Je to ideální zařízení pro 3-osé obrábění. V kombinaci s NC otočným stolem, může být rovněž použito pro 5-osé obrábění na jedno upnutí. Kombinace interpolace frézovací hlavy s natáčením vřeten během procesu umožňuje provádět efektivní obrábění a splňuje tím ty nejvyšší nároky v oblasti strojírenství.

Obráběcí centrum Axa VHC 3-M používá jako řídicí systém Heidenhain iTNC 530.[10]



Obr. 3.1-1 AXA VHC 3-M [10]

## Technické parametry stroje

**Tab. 3.1-1 Technické parametry stroje [10]**

X- příčný rozsah	1760	mm
Y- příčné rozmezí horizontální a vertikální	1000	mm
Z- příčné rozmezí horizontální a vertikální	950	mm
Max. únosnost	1200	kg · m <sup>-1</sup>
Rychloposuv X, Y, Z	25/25/20	m · min <sup>-1</sup>
Max. otáčky	6000 – 15000	min <sup>-1</sup>
Max. krouticí moment na vřetenu	95 – 255	N · m <sup>-1</sup>
Natočení vřetena	+/- 90	°
Kapacita zásobníku	22	-
Max. Ø nástroje	85	mm
Max. délka nástroje	400	mm
Délka výměny nástroje	5	sec.
Přesnost na 1000 mm na ose x,y,z	+/- 0,0075	mm
Opakovatelnost	+/- 0,005	mm

## Příslušenství

Vnitřní chlazení

Měřicí systém

Elektrické ruční kolo

Dopravník třísek

## 3.2 Řídicí systém HEIDENHAIN iTNC 530

Více než 20. let dodává HEIDENHAIN řídicí systémy pro technologie frézování a vrtání. Řídicí systémy byly po celou dobu zdokonalovány. Postupně přibýly nové funkce také pro komplexní stroje s více než pěti řízenými osami. Princip ovládaní zůstal však ve svém základě zachován. NC programy vytvořené na prvním CNC řízení TNC 145 (Obr.3.2-1) umí iTNC 530 (Obr.3.2-2) také zpracovat. Pro uživatele je kompatibilita směrem k vyšším typům velkou předností. [11]



Obr. 3.2-1 Ovládací panel TNC 145 [11]



Obr. 3.2-2 Ovládací panel iTNC 530 [11]

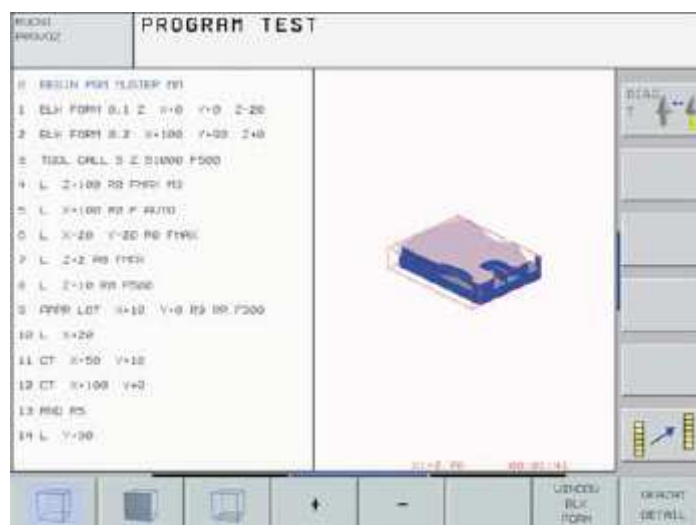
Vysokorychlostní obrábění je pojem označující rychlé a efektivní obrábění s vysokou kvalitou povrchu. Řídicí systém musí být schopen zpracovávat velká množství dat, dlouhé programy, rychle editovat, přenášet a vytvořit ideální tvar dílce.[11]

V iTNC je integrováno zpracování polohové, rychlostní a proudové regulace. Digitální regulace motoru se využívá pro dosažení vysokých posuvů a otáček potřebných pro rychlostní obrábění. Systém dokáže interpolovat současně až 5 os. Aby bylo možno dosáhnout vysoké řezné rychlosti, řídí systém otáčky vřetene až do hodnoty  $40\,000\text{ min}^{-1}$ . [11]

iTNC 530 vypočítává dopředu až 256 NC bloků. Tento parametr se využívá k automatickému určení rychlostního profilu v ose, tedy k přizpůsobení velikosti posuvu na různých tvarových přechodech. Speciální algoritmy pro řízení osy regulují rychlost a zrychlení podle průběhu dráhy. Integrované filtry potlačují záchvěvy v mechanice stroje. Požadovaná přesnost je tak dodržena.[11]

Grafická simulace obrábění v iTNC 530 dává věrný obraz opracování dílce. Obsluha může zvolit nejvhodnější grafickou interpretaci z poskytované nabídky:

- půdorys s rozdílným odstínováním hloubky materiál
- na tři průmětny (stejně jako na technickém výkrese)
- v prostorovém 3D zobrazení (Obr.3.2-3)



**Obr. 3.2-3 3D zobrazení [11]**

Operace obrábění, které se často opakují, jsou v iTNC 530 uloženy jako pevné cykly obrábění. Programování cyklů využívá plně podporu dialogu a grafické předlohy s popisem a zobrazením potřebných parametrů.[11]

Vedle cyklů obrábění pro vrtání děr, vrtání a frézování závitů, vystružování a vyvrtávání existují ještě cykly obrazců uspořádání děr stejně tak jako cykly pro řádkové frézování ploch, vyfrézování kapes a čepů obecných obrysů, obrábění drážek a obrábění na čisto.[11]

### 3.3 Volba nástroje

Požadavek vysoké produktivity a minimálních nákladů při obrábění na automatizovaných obráběcích strojích vyvolává vysoké nároky na úroveň nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami SK. Tyto nástroje mají dnes dominantní podíl v moderních technologiích obrábění.

Jde především o požadavek vysokého řezného výkonu, tj. velkého minutového úběru obráběného materiálu, při vysoké provozní spolehlivosti, tedy při vysoké rovnoměrnosti řezných vlastností. Dalším neméně významným prvkem je maximální odolnost břitu proti mechanickým a teplotním rázům.

Moderní NC obráběcí stroje jsou koncepčně zaměřeny především na zkrácení vedlejších časů, a tím na kvalitativně vyšší stupeň využití časového fondu stroje pro vlastní řezání. Za těchto podmínek, kdy v průměru po více než 80 % doby chodu stroje probíhá obrábění, má zásadní význam na produktivitu neboli počet obrobků za jednotku času nasazení VBD z materiálu s maximálním řezným výkonem. Pro dosažení optimálních nákladů na obrábění obrobku je důležité použití nákladově optimálních hospodárných řezných podmínek. [4]

#### Vrták

Vrták, který použiji na vrtání otvorů do desky má Ø 16 a je vyroben firmou Garant (Obr.3.3-1). Na vrtáku je použit povlak TiN (nitrid titanu), který se používá zhruba od 70. let minulého století. Barva TiN je zlatá. Mikrotvrdost se pohybuje kolem 20 – 25 GPa. Nanášení povlaku se provádí metodou PVD (Physical Vapour Deposition), což je odpaření nebo odprášení pevné látky v řízené atmosféře. Výhoda tohoto povlaku je, že má dobrou plasticitu a adhezi. Předností nástrojů s povlaku TiN je, že pořizovací cena je nízká. [3]



Obr. 3.3-1 Vrták Garant [3]

## Stopková fréza

Dnes se už pomalu upouští od nástrojů s napájenou karbidovou destičkou a začínají se nahrazovat nástroji s vyměnitelnými břitovými destičkami. Výhody nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami bezesporu spočívají v tom, že se nástroj jednou seřídí a při jeho opotřebení dochází k velmi malým odchylkám při obrábění. Některé vyměnitelné destičky mají až šest použitelných břitů a při této kombinaci je mnohem levnější nástroj s vyměnitelnými destičkami než nástroj s napájeným karbidem i když pořizovací cena nástroje pro vyměnitelné destičky je vyšší. [7]

Pro frézování otvorů použiji stopkovou frézu (Obr.3.3-2) s vyměnitelnými břitovými destičkami od firmy Pramet Tools s.r.o. Vyměnitelné destičky jsem zvolil ADMX 16 (Obr.3.3-3).

### Výhody destiček ADMX 160608SR-F:

Velmi pozitivní geometrie (uhel čela  $25^\circ$ )

- menší příkon obráběcího stroje

Optimalizovaný profil řezné hrany

- zvýšení pevnosti břitu
- snížení řezné síly
- klidnější chod nástroje

Plynulé navazování hlavní řezné hrany a hladícího segmentu

- vyšší trvanlivost destičky
- lepší drsnost obrobené plochy



Obr. 3.3-2 Stopková fréza [7]



Obr. 3.3-3 Destička ADMX16 [7]

Konstrukční úhly (nástrojové úhly) slouží k základní orientaci polohy lůžka do kterého je upnuta břitová destička a má význam především pro konstrukci tělesa frézy. Jde o dva úhly čela, axiální úhel čela  $\gamma_p$  a radiální úhel čela  $\gamma_f$  (Obr.3.3-4). [7]

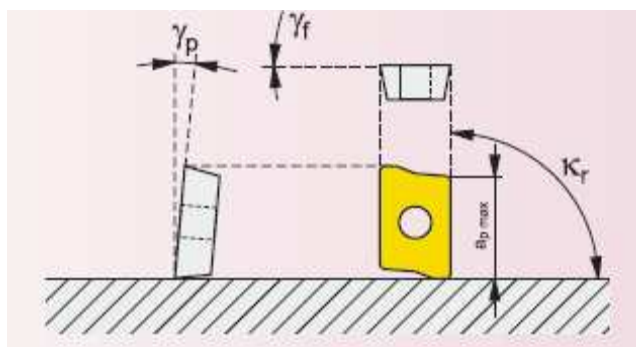
**Tab. 3.3-1 Konstrukční úhly [7]**

axiální úhel čela - $\gamma_p$	radiální úhel čela - $\gamma_f$
$+ 5^\circ \div 10,5^\circ$	$- 8,2 \div -13^\circ$

Úhel nastavení  $\kappa_r$  určuje při určitém posuvu na zub  $f_z$  a axiální hloubce řezu  $a_p$  tloušťku a šířku třísky (délku zabírajícího břitu). Tím ovlivňuje řezné síly, specifické zatížení, opotřebení a trvanlivost břitu. Zmenšující se úhel nastavení  $\kappa_r$  při konstantním posuvu  $f_z$  má za následek zmenšení tloušťky třísky (Obr.3.3-4). [7]

**Tab. 3.3-2 Úhel nastavení a hloubka řezu [7]**

úhel nastavení - $\kappa_r$	max. hloubka řezu – $a_{pmax}$
$90^\circ$	13 mm



**Obr. 3.3-4 Úhly VBD [7]**



## Povlak materiálu řady 8230

Povlak je nanesený nízkoteplotní fyzikální metodou PVD (Physical Vapour Deposition). Jde o moderní typ povlaku sestávající ze supertvrdých nanokrystalických kompozitních vrstev. Jelikož se tyto povlaky nanášejí při podstatně nižší pracovní teplotě, cca 600 až 650 °C, kdy je intenzita difúzních pochodů v podkladovém materiálu zanedbatelná, nedochází u těchto materiálů ke snížení pevnosti břitu. Naopak podle některých výzkumných prací v povlaku dochází ke vzniku tlakových zbytkových napětí, která omezují šíření trhlin, vzniklých v důsledku cyklického mechanického a tepelného zatížení břitu, zejména při přerušovaném řezu. Materiál 8230 vyniká vysokou ořezuvzdorností, houževnatostí a svým univerzálním využitím.[1]

## Doporučené řezné podmínky

Doporučené hodnoty řezných podmínek z katalogu výrobce VBD (Tab.3.3-3).

Tab. 3.3-3 Řezné podmínky [7]

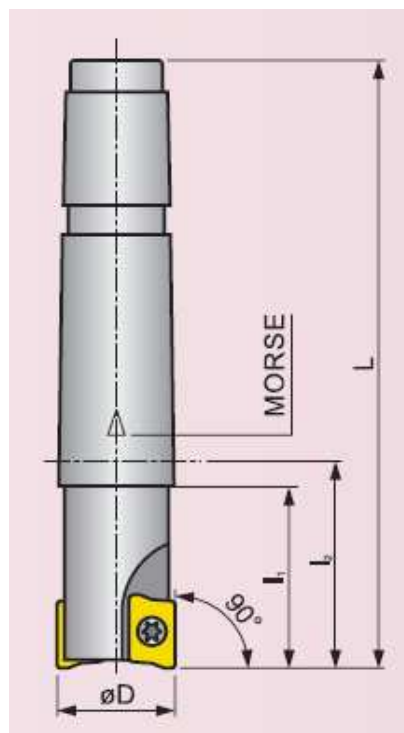
Základní tvar destičky	Řezné podmínky		Rozsahy startovacích řezných podmínek					
			P	M	K	N	S	H
ADMX 160608SR-F;8230	Posuv na zub	mm	0,07 ÷ 0,15	0,07 ÷ 0,11	0,07 ÷ 0,15	0,07 ÷ 0,15	0,07 ÷ 0,09	-
	hloubka řezu	mm	1 ÷ 13	1 ÷ 9,8	1 ÷ 13	1 ÷ 13	5 ÷ 7,8	-
	řezná rychlost	m·min <sup>-1</sup>	195 ÷ 290	115 ÷ 170	185 ÷ 275	290 ÷ 1015	35 ÷ 85	-

## Rozměry stopkové frézy

ISO 25A2R043E03-SAD16E-C (Obr.3.3-6)

Obr. 3.3-5 Rozměry stopkové frézy [7]

ØD	L	$l_1$	Morse	Počet zubu	Váha	Chlazení
25 mm	98 mm	42 mm	3	2	0,28 kg	Ano



Obr. 3.3-6 Stopková fréza [7]

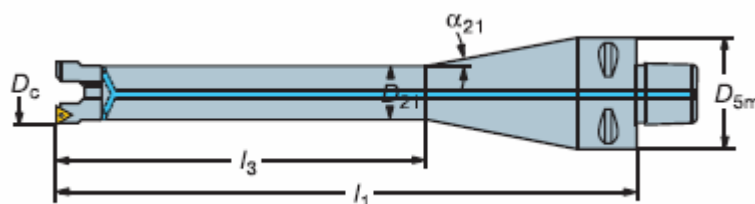
## Vyvrtávací nástroj

Pro vyvrtávání trubky svařence kde se musí dodržet souosost 0,25 mm, použiji dvoubřitý vyvrtávací nástroj od firmy SANDVIK Coromant (Obr.3.3-7).

Vyvrtávací nástroj: Duobore 391.68A-4-056 24 T16 B s 2VBD  
Nástavec C5-391.69A-4-040 308 A

Parametry nástroje:

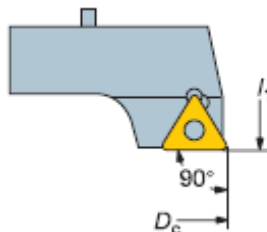
Rozsah vyvrtávaných průměrů $D_c$	46 – 56 mm
Hloubka díry	6 x $D_{5m}$
Tolerance díry	IT9
Řezná kapalina	vnitřní přívod
Max. otáčky	$6000 \text{ min}^{-1}$
$D_{5m}$	50 mm
$D_{21}$	40 mm
$l_1$	332 mm
$l_3$	246 mm
$\alpha_{21}$	$4,8^\circ$



Obr. 3.3-7 Vyvrtávací nástroj [8]

Obr. 3.3-8 Rozměry nástroje [8]

Břitové destičky: CoroTurn 107 TCMX 16 T308-WM (Obr.3.3-9)



Obr. 3.3-9 VBD CoroTurn 107 [8]

### Doporučené řezné podmínky

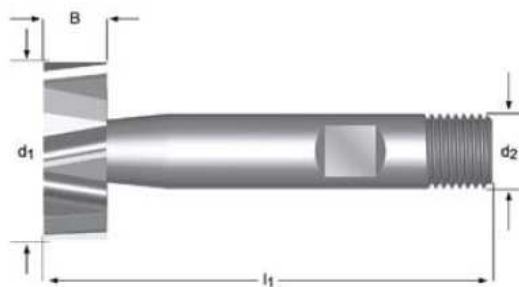
Doporučené hodnoty řezných podmínek pro trvanlivost 15 minut z katalogu výrobce VBD.

Tab. 3.3-4 Řezné podmínky [8]

Řezná rychlost [m·min <sup>-1</sup> ]	570 – 405 – 300
Posuv na otáčku [mm]	0,1 – 0,4 – 0,8
Hloubka řezu [mm]	0,5 – 4,0

### Fréza na drážky

Pro vytvoření zápichu v desce svařence a vyvrtávané trubce použijí frézu na drážky od firmy Dormer Tools (Obr.3.3-10). [6]



Obr. 3.3-10 Fréza na drážky [6]

## Parametry frézy

Tab. 3.3-5 Parametry frézy [6]

Označení	$\varnothing d_1$	B	$\varnothing D_2$	$l_1$	z
C82216.5x4.0	16,5 mm	4 mm	10 mm	56 mm	8

## Doporučené řezné podmínky

Řezná rychlost	37 [m·min <sup>-1</sup> ]
Posuv na zub	0,031 [mm]

## 3.4 Program obrábění pro iTNC 530 HEIDENHAIN

V níže uvedeném textu je vysvětlena část NC programu pro řídicí systém iTNC 530 v blocích od 0 až 37. Celý program (viz. Příloha č.6 a Příloha č.7) byl vytvořen v programu HEIDENHAIN iTNC 530. Program byl zpracován podle výkresové dokumentace.

0 BEGIN PGM rameno dveří MM	Jméno programu
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y-240 Z-17	Definice polotovaru $X_{min}$ $Y_{min}$ $Z_{min}$
2 BLK FORM 0.2 Z X+300 Y+0 Z+0	Definice polotovaru $X_{min}$ $Y_{min}$ $Z_{min}$
3 vrták 16 Garant 90m/min 0.075mm/zub	Popis nástroje
4 TOOL CALL 2 Z S2000	Vyvolání čísla nástroje, volba osy, otáčky
5 TOOL DEF 1	
6 L X+271 Y-40 Z+50 R0 FMAX M13	Rychloposuv na střed 1. otvoru
7 CYCL DEF 200 VRTANI	Vyvolání podprogramu VRTANI
Q200=+2 ,BEZPEC. VZDALENOST	
Q201=-20 ,HLOUBKA	
Q206=+400 ,POSUV NA HLOUBKU	
Q202=+20 ,HLOUBKA PŘISUVU	
Q210=+0 , ČAS. PRODLEVA NAHOŘE	

Q203=+0 ,SOUŘADNICE POVRCHU	
Q204=+50 , BEZPEČ. VZDALENOST	
Q211=+0 ,ČAS. PRODLEVA DOLE	
8 CYCL CALL	
9 L X+112 FMAX M99	Rychloposuv na střed 2. otvoru odvrtní
10 L Y-210 FMAX M99	Rychloposuv na střed 3. otvoru, odvrtní
11 Q203=+13	Zvýšení souřadnice povrchu
12 L X+48 FMAX M99	Rychloposuv na střed 4. otvoru, odvrtní
13 L Y-115 FMAX M99	Rychloposuv na střed 5. otvoru, odvrtní
14 fréza Ø25/2 zuby	Popis nástroje
15 TOOL CALL 1 Z S1300	Vyvolání čísla nástroje, volba osy, otáčky
16 TOOL DEF 38	
17 L X+271 Y-40 Z+50 R0 FMAX M13	Vyvolání podprogramu KUHOVA KAPSA
18 CYCL DEF 252 KRUHOVA KAPSA	
Q215=+0 ,ZPUSOB FREZOVANI	
Q223=+34 , PRUMĚR KRUHU	
Q368=+0 , PRIDAVEK PRO STRANU	
Q207=+600 , FREZOVACI POSUV	
Q351=+1 ,ZPUSOB FREZOVANI	
Q201=-13.5 ,HLOUBKA	
Q202=+0.5 ,HLOUBKA PŘISUVU	
Q369=+0 ,PŘIDAVEK PRO DNO	
Q206=+600 ,POSUV NA HLOUBKU	
Q338=+0 ,PŘISUV NA ČISTO	
Q200=+2 ,BEZPEC. VZDALENOST	
Q203=+0 ,SOUŘADNICE POVRCHU	
Q204=+50 , BEZPEČ. VZDALENOST	
Q370=+1 ,PŘEKRYTI DRAHY NAST.	
Q366=+1 ,PONOŘOVAT	
Q385=+1500 ,POSUV NA ČISTO	
19 CYCL CALL	
21 L X+112 FMAX M99	Rychloposuv na střed otvoru, odvrtní
22 L Y-210 FMAX M99	
23 Q223=+38.5	Zvětšení průměru
24 Q201=-11	Hloubka
25 L Y-210 FMAX M99	Rychloposuv na střed otvoru, odvrtní
26 Q203=+13	Zvýšení souřadnice povrchu
27 Q223=+38.5	Zvětšení průměru
28 Q213=+13	
29 L X+48 Y-115 FMAX M99	Rychloposuv na střed otvoru, odvrtní
30 Q201=-11	Hloubka
31 L Y-210 FMAX M99	
32 Q223=+34	
33 Q201=-15.5	
34 L Y-210 FMAX M99	
35 Q223=+26	
36 Q201=-18	
37 L Y-210 FMAX M99	

## 4 Stanovení řezných podmínek

Pro stopkovou frézu použiji přepočet řezné rychlosti od firmy Pramet Tools, s. r. o.. Posuv na zub volím 0,15 mm z katalogu firmy. [7]

$$\begin{aligned}v_C &= v_{30} \cdot k_{VX} \cdot k_{VT} \cdot k_{VHB} \\v_C &= 275 \cdot 1,05 \cdot 0,81 \cdot 1,12 \\v_C &= 261,95 m \cdot \min^{-1}\end{aligned}$$

Pracovní podmínky frézování [v <sub>30</sub> ]	Střední	275 [m·min <sup>-1</sup> ]
Korekce na stav stroje [k <sub>VX</sub> ]	Dobrý stav stroje	1,05
Korekce na trvanlivost [k <sub>VT</sub> ]	60 min	0,81
Korekce na tvrdost [k <sub>VHB</sub> ]	140 HB	1,12

Při zapisování parametrů do CNC programu se neuvádí řezná rychlost a posuv na zub, ale otáčky (n) a minutový posuv (v<sub>f</sub>).

$$\begin{aligned}n &= \frac{v_C \cdot 1000}{\pi \cdot D} & v_f &= n \cdot f_z \cdot z \\n &= \frac{261,95 \cdot 1000}{\pi \cdot 25} & v_f &= 3335,25 \cdot 0,15 \cdot 2 \\n &= 3335,25 \min^{-1} & v_f &= 1000,58 mm \cdot \min^{-1}\end{aligned}$$

Při volbě řezných podmínek u vrtáku Garant jsem použil řeznou rychlost ( $v_c$ ) a posuv na zub ( $f_z$ ) dle doporučení technologie výroby, která má řezné podmínky již odzkoušené a ověřené. Provedl jsem pouze přepočty řezných podmínek pro CNC program stejně jako u stopkové frézy.

Řezná rychlost	90 [m·min <sup>-1</sup> ]
Posuv na zub	0,075 [mm]

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{90 \cdot 1000}{\pi \cdot 16}$$

$$n = 1790,51 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f_z \cdot z$$

$$v_f = 1790,5 \cdot 0,075 \cdot 2$$

$$v_f = 268,58 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

Pro vyvrtávací nástroj použiji přepočty řezné rychlosti od firmy SANDVIK Coromant.

Tab.4-1 Korekce na tvrdost HB [8]

ISO/ ANSI	CMC <sup>1)</sup>	HB <sup>2)</sup>	Nižší tvrdost				Vyšší tvrdost				
			-60 <sup>3)</sup>	-40	-20	0	+20	+40	+60	+80	+100
<b>P</b>	02.1	HB <sup>2)</sup> 180	1,44	1,25	1,11	1,0	0,91	0,84	0,77	0,72	0,67
<b>M</b>	05.21	HB <sup>2)</sup> 180	1,42	1,24	1,11	1,0	0,91	0,84	0,78	0,73	0,68
<b>K</b>	08.2	HB <sup>2)</sup> 220	1,21	1,13	1,06	1,0	0,95	0,90	0,86	0,82	0,79
	09.2	HB <sup>2)</sup> 250	1,33	1,21	1,09	1,0	0,91	0,84	0,75	0,70	0,65
<b>N</b>	30.21	HB <sup>2)</sup> 75			1,05	1,0	0,95				
<b>S</b>	20.22	HB <sup>2)</sup> 350			1,12	1,0	0,89				
<b>H</b>	04.1	HRC <sup>3)</sup> 60			1,07	1,0	0,97				

- 1.) Klasifikace materiálu Coromant
- 2.) Tvrdost podle Brinella
- 3.) Tvrdost podle Rockwella



Hloubka řezu	1 [mm]
Posuv na otáčku	0,4 [mm]
Řezná rychlost	405 [m·min <sup>-1</sup> ]

Podle materiálů obrobku, který patří do skupiny obráběných materiálů P s tvrdosti 143 HB volím z tabulky korekce na tvrdost hodnotu 1,25 a přepočtu řeznou rychlost.

$$v_c = 405 \cdot 1,25$$

$$v_c = 506,25 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

U frézy na drážky provedu přepočet řezných podmínek pro CNC program.

Řezná rychlost	37 [m·min <sup>-1</sup> ]
Posuv na zub	0,031 [mm]

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{37 \cdot 1000}{\pi \cdot 16,5}$$

$$n = 713,79 \text{ min}^{-1}$$

$$v_f = n \cdot f_z \cdot z$$

$$v_f = 713,79 \cdot 0,031 \cdot 8$$

$$v_f = 177 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

## 5 Technicko – ekonomické porovnání stávající a navržené technologie obrábění

Porovnání stávající a navrhované technologie výroby pro operace č. 5 a 15 na technologickém postupu (viz. příloha č.5) je zpracováno dle Metodiky stanovení spotřeby času a Metodiky normování výkonu. Porovnání je zpracováno v základních hodnotících ukazatelích. [2]

### Porovnání norem spotřeby času

Porovnání norem spotřeby času (NSČ) se stanoví na základě Podnikového normativu výkonu (PNV) pro jednotlivé profese a pracoviště.

#### 5.1 Stanovení jednicové normy spotřeby času pro operace č. 5 a 15

$$t_{AC} = t_u + t_{A12} \cdot k_{SČ}$$

$t_{AC}$  – norma spotřeby jednicového času [Nmin]

$t_u$  – čas upínání [Nmin]

$t_{A12}$  – čas cyklu obrábění [Nmin]

$k_{SČ}$  – koeficient směnového času

Výpočet normy spotřeby jednicového času u navrhované technologie ( $t_{ACNT5}$ )

#### Operace č. 5

- čas upínání je  $t_u = 5$  Nmin
- čas cyklu obrábění navrhované technologie je dle CNC programu 8:12 Nmin
- koeficient směnového času pro CNC stroje  $k_{SČ} = 1,15$

## Operace č. 15

- čas upínání je  $t_u = 6 \text{ Nmin}$
- čas cyklu obrábění navrhované technologie je dle CNC programu 12:00 Nmin
- koeficient směnového času pro CNC stroje  $k_{sč} = 1,15$

$$t_{ACNT5} = 5 + 8,12 \cdot 1,15$$

$$t_{ACNT5} = 14,4 \text{ N min}$$

$$t_{ACNT15} = 6 + 12 \cdot 1,15$$

$$t_{ACNT15} = 19,8 \text{ N min}$$

Hodnota normy jednicového času pro operace č. 5 je 14,4 Nmin a č. 15 je 19,8Nmin.

Úspora normy jednicového času ( $U_{ACNT}$ )

Úspora normy jednicového času je rozdíl mezi časem stávající a navrhované technologie

$$U_{ACNT} = t_{ACST} - t_{ACNT}$$

Výpočet úspory jednicového času pro operace č. 5 a 15 ( $U_{ACNT5}$ ,  $U_{ACNT15}$ )

Norma jednicového času stávající technologie  $t_{ACST}$  je stanovena dle technologického postupu NSČ. Pro operaci č. 5 je  $t_{ACST5}$  67,5 Nmin a pro č. 15 je  $t_{ACST15}$  57 Nmin.

$$U_{ACNT5} = 67,5 - 14,4$$

$$U_{ACNT5} = 53,4 \text{ N min}$$

$$U_{ACNT15} = 57 - 19,8$$

$$U_{ACNT15} = 37,2 \text{ N min}$$

Úspora činí u navrhované technologie pro operaci č. 5 53,4 Nmin a pro č. 15 37,2 Nmin.

## 5.2 Stanovení normy spotřeby dávkového času pro operace č. 5 a 15

Stávající i navrhovaná technologie se zaměřuje na výrobu ve dvou operacích, ale na různých strojích, proto se dávkový čas liší. U stávající technologie je dávkový čas  $t_{bc} = 30 \text{ Nmin}$  a u navrhované technologie je čas  $t_{bc} = 40 \text{ Nmin}$ . Čas dávkový zahrnuje přípravu na provedení operace. Navrhovaná technologie nepřináší úsporu. [5]

### 5.3 Stanovení normy spotřeby času výroby pro operace č. 5 a 15 ( $t_{VO5}$ , $t_{VO15}$ )

Norma spotřeby času výroby v dané operaci je součet jednicového času a dávkového času poděleného výrobní dávkou.

$$t_{VO} = \frac{t_{BC}}{DV} + t_{AC}$$

$t_{VO}$  – norma spotřeby času výroby pro dané operace [Nmin]

DV – dávka výroby [ks]

Výpočet normy spotřeby času výroby pro operace č. 5 a 15 u navrhované technologie ( $t_{VONT5}$ ,  $t_{VONT15}$ )

$$\begin{aligned} t_{VONT\ 5} &= \frac{40}{12} + 14,4 \\ t_{VONT\ 5} &= 17,7\ N\ min \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{VONT\ 15} &= \frac{40}{12} + 19,8 \\ t_{VONT\ 15} &= 23,1\ N\ min \end{aligned}$$

- dávka výroby byla stanovena na 12 ks

Výpočet normy spotřeby času výroby pro operace č. 5 a 15 u stávající technologie ( $t_{VOST5}$ ,  $t_{VOST15}$ )

$$\begin{aligned} t_{VOST\ 5} &= \frac{30}{12} + 67,5 \\ t_{VOST\ 5} &= 70\ N\ min \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{VOST\ 15} &= \frac{30}{12} + 57 \\ t_{VOST\ 15} &= 59,5\ N\ min \end{aligned}$$

Úspora normy spotřeby času výroby pro operace č. 5 a 15 ( $U_{VO5}$ ,  $U_{VO15}$ )

$$\begin{aligned} U_{VO5} &= t_{VOST\ 5} - t_{VONT\ 5} & U_{VO15} &= t_{VOST\ 15} - t_{VONT\ 15} \\ U_{VO5} &= 70 - 17,7 & U_{VO15} &= 59,5 - 23,1 \\ U_{VO5} &= 52,3\ N\ min & U_{VO15} &= 36,4\ N\ min \end{aligned}$$

Úspora normy spotřeby času výroby operace č. 5 je 52,3 Nmin a operace č. 15 je 36,4 Nmin.

Porovnání technologií ( $PT_5$ ,  $PT_{15}$ )

$$\begin{aligned} PT_5 &= \frac{t_{VONT\ 5}}{t_{VOST\ 5}} \cdot 100 & PT_{15} &= \frac{t_{VONT\ 15}}{t_{VOST\ 15}} \cdot 100 \\ PT_5 &= \frac{17,7}{70} \cdot 100 & PT_{15} &= \frac{23,1}{59,5} \cdot 100 \\ PT_5 &= 25,29\% & PT_{15} &= 38,82\% \end{aligned}$$

Úspora normy času výroby operace č. 5 se sníží na 25,29% ze 100% stávající technologie výroby a u operace č. 15 se sníží na 38,82% ze 100% stávající technologie.

#### 5.4 Stanovení normy spotřeby času výrobní dávky pro operace č. 5 a 15 ( $t_{VD5}$ , $t_{VD15}$ )

Norma spotřeby času výrobní dávky navrhované technologie ( $t_{VDNT}$ ) a stávající technologie ( $t_{VDST}$ ).

$$t_{VD} = t_{VO} \cdot DV$$

Výpočet normy spotřeby času výrobní dávky navrhované technologie pro operace č. 5 a 15 ( $t_{VDNT5}$ ,  $t_{VDNT15}$ )

$$\begin{aligned} t_{VDNT\ 5} &= t_{VONT\ 5} \cdot DV & t_{VDNT\ 15} &= t_{VONT\ 15} \cdot DV \\ t_{VDNT\ 5} &= 17,7 \cdot 12 & t_{VDNT\ 15} &= 23,1 \cdot 12 \\ t_{VDNT\ 5} &= 212,4\ N\ min & t_{VDNT\ 15} &= 277,2\ N\ min \end{aligned}$$

Výpočet normy spotřeby času výrobní dávky stávající technologie pro operace č. 5 a 15 ( $t_{VDST5}$ ,  $t_{VDST15}$ )

$$\begin{aligned} t_{VDST\ 5} &= t_{VOST\ 5} \cdot DV & t_{VDST\ 15} &= t_{VOST\ 15} \cdot DV \\ t_{VDST\ 5} &= 70 \cdot 12 & t_{VDST\ 15} &= 59,5 \cdot 12 \\ t_{VDST\ 5} &= 840\ N\ min & t_{VDST\ 15} &= 714\ N\ min \end{aligned}$$

Úspora normy spotřeby času výrobní dávky pro operace č. 5 a 15 ( $U_{VD5}$ ,  $U_{VD15}$ )

Úspora normy spotřeby času výrobní dávky je rozdíl mezi normou spotřeby času výrobní dávky a navrhované technologie

$$\begin{aligned} U_{VD\ 5} &= t_{VDST\ 5} - t_{VDNT\ 5} & U_{VD\ 15} &= t_{VDST\ 15} - t_{VDNT\ 15} \\ U_{VD\ 5} &= 840 - 212,4 & U_{VD\ 15} &= 714 - 277,2 \\ U_{VD\ 5} &= 627,6\ N\ min & U_{VD\ 15} &= 436,8\ N\ min \end{aligned}$$

Úspora normy spotřeby času výrobní dávky pro operace č. 5 je 627,6 Nmin a č. 15 je 436,8Nmi.

## 5.5 Stanovení normy spotřeby času roční výroby pro operace č. 5 a 15 ( $t_{RV5}$ , $t_{RV15}$ )

Norma spotřeby času roční výroby je stanovena na velikost uvažované roční výroby. Je to součin normy spotřeby času výrobní dávky a počtu výrobních dávek za rok.

$$t_{RV} = t_{VD} + PD$$

$t_{RV}$  – norma spotřeby času roční výroby [Nmin]

$PD$  – počet výrobních dávek za rok. Počet dávek ve firmě Pars Komponenty s. r. o. za rok je 20.

Výpočet normy spotřeby času roční výroby navrhované technologie pro operace č. 5 a 15 ( $t_{RVNT5}$ ,  $t_{RVNT15}$ )

$$t_{RVNT5} = t_{VDNT5} \cdot PD$$

$$t_{RVNT5} = 212,4 \cdot 20$$

$$t_{RVNT5} = 4248 \text{ N min}$$

$$t_{RVNT15} = t_{VDNT15} \cdot PD$$

$$t_{RVNT15} = 277,2 \cdot 20$$

$$t_{RVNT15} = 5544 \text{ N min}$$

Výpočet normy spotřeby času roční výroby stávající technologie pro operace č. 5 a 15 ( $t_{RVST5}$ ,  $t_{RVST15}$ )

$$t_{RVST5} = t_{VDST5} \cdot PD$$

$$t_{RVST5} = 840 \cdot 20$$

$$t_{RVST5} = 16800 \text{ N min}$$

$$t_{RVST15} = t_{VDST15} \cdot PD$$

$$t_{RVST15} = 714 \cdot 20$$

$$t_{RVST15} = 14280 \text{ N min}$$

## Úspora normy spotřeby času roční výroby pro operace č. 5 a 15 ( $U_{RV5}$ , $U_{RV15}$ )

Roční úspora normy spotřeby času je rozdíl mezi normou spotřeby času roční výroby stávající a navrhovanou technologií.

$$U_{RV5} = t_{RVST5} - t_{RVNT5}$$

$$U_{RV5} = 16800 - 4248$$

$$U_{RV5} = 12552 \text{ N min}$$

$$U_{RV15} = t_{RVST15} - t_{RVNT15}$$

$$U_{RV15} = 14280 - 5544$$

$$U_{RV15} = 8736 \text{ N min}$$

Celková úspora normy spotřeby času roční výroby pro operace č. 5 a 15 je 21288 Nmin.

## 5.6 Hodinové sazby výroby

Základní hodinové sazby, platné v provozu firmy Pars Komponenty s. r. o. v roce 2009, jsou stanoveny v cenách pro stroj. Ve své práci používám jako jednotky [Nmin] proto ceny základní hodinové sazby stroje musím převést na hodnoty minutové sazby stroje.

AXA VHC 3-M.....20 Kč

Horizontální vyvrtávačka W9.....8,44 Kč



## 5.7 Náklady na výrobu pro operace č. 5 a 15 ( $N_{T5}$ , $N_{T15}$ )

$$N_T = t_{VO} \cdot Ms$$

$N_t$  – náklady na výrobu operace [Nmin]

$Ms$  – minutová sazba stroje [Kč]

Výpočet nákladů na výrobu pro operace č. 5 a 15 u navrhované technologie ( $N_{TNT5}$ ,  $N_{TNT15}$ )

$$N_{TNT\ 5} = t_{VONT\ 5} \cdot MS$$

$$N_{TNT\ 5} = 17,7 \cdot 20$$

$$N_{TNT\ 5} = 354\ K\check{c}$$

$$N_{TNT\ 15} = t_{VONT\ 15} \cdot MS$$

$$N_{TNT\ 15} = 23,1 \cdot 20$$

$$N_{TNT\ 15} = 462\ K\check{c}$$

Náklady na výrobu operace č. 5 u navrhované technologie jsou 354 Kč a u operace č. 15 jsou 462 Kč.

Výpočet nákladů na výrobu pro operace č. 5 a 15 u stávající technologie ( $N_{TST5}$ ,  $N_{TST15}$ )

$$N_{TST\ 5} = t_{VOST\ 5} \cdot MS$$

$$N_{TST\ 5} = 70 \cdot 8,44$$

$$N_{TST\ 5} = 590,8\ K\check{c}$$

$$N_{TST\ 15} = t_{VOST\ 15} \cdot MS$$

$$N_{TST\ 15} = 59,5 \cdot 8,44$$

$$N_{TST\ 15} = 502,2\ K\check{c}$$

Náklady na výrobu operace č. 5 u stávající technologie jsou 590,8 Kč a u operace č. 15 jsou 502,2 Kč.

### Úspora nákladů na výrobu pro operace č. 5 a 15 ( $U_{N5}$ , $U_{N15}$ )

Úspora nákladů výroby pro operace č. 5 a 15 je rozdíl mezi náklady na výrobu operací u stávající a navržené technologie.

$$\begin{aligned} U_{N5} &= N_{TST\ 5} - N_{TNT\ 5} & U_{N15} &= N_{TST\ 15} - N_{TNT\ 15} \\ U_{N5} &= 590,8 - 354 & U_{N15} &= 502,2 - 462 \\ U_{N5} &= 236\ K\check{c} & U_{N15} &= 40,2\ K\check{c} \end{aligned}$$

Úspora nákladů na výrobu operace č. 5 je 236 Kč a u operace č. 15 je úspora 40,2 Kč.

### Porovnání technologie ( $PT_5$ , $PT_{15}$ )

Porovnání technologie je procentuální vyjádření poměru nákladů na výrobu operace u navržené technologie a stávající technologie

$$\begin{aligned} PT_5 &= \frac{N_{TNT\ 5}}{N_{TST\ 5}} \cdot 100 & PT_{15} &= \frac{N_{TNT\ 15}}{N_{TST\ 15}} \cdot 100 \\ PT_5 &= \frac{354}{590,8} \cdot 100 & PT_{15} &= \frac{462}{502,2} \cdot 100 \\ PT_5 &= 59,92\% & PT_{15} &= 91,99\% \end{aligned}$$

Náklady na výrobu operace č. 5 se snížily na 59,92% ze 100% stávajících nákladů a u operace č. 15 se snížily na 91,99% ze 100% stávajících nákladů.

## 5.8 Náklady na výrobní dávku pro operace č. 5 a 15 ( $N_{VD15}$ , $N_{VD15}$ )

Náklady na výrobní dávku jsou rovny nákladu na výrobu operací a počtu kusů výrobní dávky.

$$N_{VD} = N_T \cdot DV$$

$N_{VD}$  – náklady na výrobní dávku [Kč]

Výpočet nákladů na výrobní dávku pro operace č. 5 a 15 navrhované technologie ( $N_{VDNT5}$ ,  $N_{VDNT15}$ )

$$N_{VDNT5} = N_{TNT5} \cdot DV$$

$$N_{VDNT5} = 354 \cdot 12$$

$$N_{VDNT5} = 4248 \text{ Kč}$$

$$N_{VDNT15} = N_{TNT15} \cdot DV$$

$$N_{VDNT15} = 462 \cdot 12$$

$$N_{VDNT15} = 5544 \text{ Kč}$$

Náklady na výrobní dávku u operace č. 5 navrhované technologie jsou 4248 Kč a u operace č. 15 jsou 5544 Kč.

Výpočet nákladů na výrobní dávku u operací č. 5 a 15 stávající technologie ( $N_{VDST5}$ ,  $N_{VDST15}$ )

$$N_{VDST5} = N_{TST5} \cdot DV$$

$$N_{VDST5} = 590,8 \cdot 12$$

$$N_{VDST5} = 7089,6 \text{ Kč}$$

$$N_{VDST15} = N_{TST15} \cdot DV$$

$$N_{VDST15} = 502,2 \cdot 12$$

$$N_{VDST15} = 6026,4 \text{ Kč}$$

Náklady na výrobní dávku u operace č. 5 stávající technologie jsou 7089,6 Kč a u operace č. 15 jsou 6026,4 Kč.

Úspora nákladů na výrobní dávku pro operace č. 5 a 15 ( $U_{NVD5}$ ,  $U_{NVD15}$ )

Úspora nákladů na výrobní dávku je rozdíl mezi náklady na výrobní dávku stávající a navrhované technologie.

$$U_{NVD5} = N_{VDST5} - N_{VDNT5}$$

$$U_{NVD5} = 7089,6 - 4248$$

$$U_{NVD5} = 2841,6 \text{ Kč}$$

$$U_{NVD5} = N_{VDST5} - N_{VDNT5}$$

$$U_{NVD5} = 6026,4 - 5544$$

$$U_{NVD5} = 482,4 \text{ Kč}$$

## 5.9 Náklady na roční výrobu pro operace č. 5 a 15 ( $N_{RV5}$ , $N_{RV15}$ )

Náklady na roční výrobu jsou rovny součinu nákladů na výrobní dávku a počtu výrobních dávek za rok.

$$N_{RV} = N_{VD} \cdot PD$$

$N_{RV}$  – náklady na roční výrobu [Kč]

Výpočet nákladů na roční výrobu pro operace č. 5 a 15 u navrhované technologie ( $N_{RVNT5}$ ,  $N_{RVNT15}$ )

$$N_{RVNT5} = N_{VDNT5} \cdot PD$$

$$N_{RVNT5} = 4248 \cdot 20$$

$$N_{RVNT5} = 84960 \text{ Kč}$$

$$N_{RVNT15} = N_{VDNT15} \cdot PD$$

$$N_{RVNT15} = 5544 \cdot 20$$

$$N_{RVNT15} = 110880 \text{ Kč}$$

Náklady na roční výrobu u navrhované technologie pro operaci č. 5 jsou 84960 Kč a u operace č. 15 jsou 110880 Kč.

Výpočet nákladů na roční výrobu pro operace č. 5 a 15 u stávající technologie  
( $N_{RVST5}$  ,  $N_{RVST15}$ )

$$N_{RVST5} = N_{VDST5} \cdot PD$$

$$N_{RVST5} = 7089,6 \cdot 20$$

$$N_{RVST5} = 141792 \text{ Kč}$$

$$N_{RVNT15} = N_{VDNT15} \cdot PD$$

$$N_{RVNT15} = 6026,4 \cdot 20$$

$$N_{RVNT15} = 120528 \text{ Kč}$$

Náklady na roční výrobu u stávající technologie pro operaci č. 5 jsou 141792 Kč a u operace č. 15 jsou 120528 Kč.

Úspora nákladů na roční výrobu pro operace č. 5 a 15 ( $U_{NR5}$ ,  $U_{NR15}$ )

Úspora nákladů na roční výrobu je rozdíl mezi náklady na roční výrobu stávající a navrhované technologie.

$$U_{NR5} = N_{RVST5} - N_{RVNT5}$$

$$U_{NR5} = 141792 - 84960$$

$$U_{NR5} = 56832 \text{ Kč}$$

$$U_{NR15} = N_{RVST15} - N_{RVNT15}$$

$$U_{NR15} = 120528 - 110880$$

$$U_{NR15} = 9648 \text{ Kč}$$

Celková úspora ročních nákladů na výrobu operací č. 5 a 15 je 66480 Kč.

## .Vyhodnocení základních ukazatelů

Z vyhodnocených základních ukazatelů vyplývá, že navrhovaná technologie výroby ramene vagónových dveří zaměřena na operace v technologickém postupu č. 5 a 15 přinese z ekonomického hlediska úsporu, s výjimkou dávkového (přípravného) času  $t_{BC}$ . Důvodem je fakt, že navrhovaná výroba probíhá na CNC stroji a přípravný čas je vyšší než na konvenčních strojích.

## 6 Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce při racionalizaci obrábění ramene vagónových dveří, bylo vytvořit návrh nové technologie výroby v podmínkách firmy Pars Komponenty s. r. o. Řešením bylo provést rozbor stávající technologie, poté provést návrh nové technologie obrábění, včetně volby stroje a nástrojů.

Jako základní změnu navrhované technologie jsem provedl u stroje, kdy jsem zvolil CNC stroj AXA VHC 3-M, pro který byl vytvořen ovládací program v dialogu HEIDENHAIN v programové verzi iTNC 530. Navrhovaná technologie umožňuje použít výkonné nástroje, které mají delší trvanlivost, dovoluje větší přesnost a spolehlivost při obrábění a snižuje výrobní časy.

Když budeme brát v úvahu jednotlivé ekonomické hledisko, které vychází z předchozích výpočtů, dojdeme k závěru, že je mnohem výhodnější použít nové technologie výroby.

Navrhovaná technologie výroby je vhodná pro zařazení do výrobního procesu firmy Pars Komponenty s. r. o

Na závěr bych chtěl poděkovat technologickému oddělení firmy Pars Komponenty s. r. o., zejména panu J. Huvarovi, který mi poskytnul informace k tématu mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat výrobnímu řediteli panu L. Mazancovi, který mi dal příležitost k vypracování a také svému vedoucímu panu Ing. J. Adamcovi, Ph.D za cenné a podmětné rady při vypracování této bakalářské práce.

## Seznam použité literatury

- [1] BINDER, Martin, ŠÍMA, Michal. Nový frézovací materiál s PVD povlakem. MM Průmyslové spektrum, 2009, č. 4, s. 20
- [2] DORDA, D. Racionalizace obrábění strojích součástí s využitím CNC obráběcích strojů. Ostrava, 2007. 40s. Bakalářská práce na Fakultě strojní VŠB-TU Ostrava na katedře obrábění a montáže. Vedoucí diplomové práce Ing. Jaromír Adamec Ph.D
- [3] DVOŘÁK, Roman. Technologie PVD patří v řadě odvětví mezi stěžejní. MM Průmyslové spektrum, 2006, č. 6, s. 14
- [4] DVOŘÁK, Roman. Břítové destičky pro vysoce produktivní obrábění. MM Průmyslové spektrum, 2001, č. 4, s. 38
- [5] Firemní literatura firmy Pars Komponenty s. r. o.
- [6] Katalog řezných nástrojů firmy Dormer Tools
- [7] Katalog řezných nástrojů firmy Pramet Tools, s. r. o., Frézování, 2009
- [8] Katalog řezných nástrojů firmy SANDVIK Coromant, Vyvrtavací nástroje, 2009
- [9] LEINVEBER, J.- VÁVRA, P. Strojírenské tabulky. Praha: ALBRA, 2003. 865 s. ISBN 80-86490-74-2
- [10] Prospekt o CNC strojích od firmy AXA
- [11] Příručka uživatele řídicího systému HEIDENHAIN iTNC 530

## Seznam příloh

Příloha č.1	Výkres sestavy ramene dveří (č. v. 458.9.205.60.27.0-28.0)
Příloha č.2	Výrobní výkres desky (č. v. 458.0.205.60.273-274)
Příloha č.3	Výrobní výkres trubky (č. v. 1.0007.60.281-282)
Příloha č.4	Výrobní výkres náboje (č. v. 458.0.205.60.275)
Příloha č.5	Technologický postup výroby ramene dveří
Příloha č.6	NC program rameno dveří
Příloha č.7	NC program rameno dveří dv